

Ontologia singularităților gravitaționale

Nicolae Sfetcu

06.08.2019

Sfetcu, Nicolae, "Ontologia singularităților gravitaționale", SetThings (6 august 2019), DOI: 10.13140/RG.2.2.31766.50242, URL = <https://www.setthings.com/ro/ontologia-singularitatilor-gravitationale/>

Email: nicolae@sfetcu.com



Acest articol este licențiat Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International. Pentru a vedea o copie a acestei licențe, vizitați <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>.

Extras din lucrarea:

Sfetcu, Nicolae, "Singularitățile ca limite ontologice ale relativității generale", SetThings (1 iunie 2018), MultiMedia (ed.), DOI: 10.13140/RG.2.2.17470.18242, URL = <https://www.setthings.com/ro/e-books/singularitatile-ca-limite-ontologice-ale-relativitatii-generale/>

Peter Bokulich și Erik Curiel (Curiel and Bokulich 2018) afirmă că RG permite singularități, și că trebuie să înțelegem ontologia singularităților dacă vrem să înțelegem natura spațiului și a timpului în universul actual. Deși unii fizicieni consideră că singularitățile indică un eșec al RG, alții cred că singularitățile deschid în fapt un orizont nou în cosmologie, cu fenomene fizice reale care pot ajuta la un progres profund în înțelegerea noastră a lumii.

Dintre definițiile singularităților se evidențiază posibilitatea ca unele spațiu-timpuri să conțină căi incomplete (cea mai acceptată), cea a lipsei punctelor și a patologiei curburii. O *cale* în spațiu-timp este un lanț continuu de evenimente. Căile din cele mai importante teoreme de singularitate reprezintă posibilele traiectorii ale particulelor și ale

observatorilor ("linii de univers"). O cale incompletă și inextensibilă presupune că, după o perioadă finită de timp, subiectul acelei căi "iese în afara lumii" dispărând; sau invers, poate apare din neant. (Curiel and Bokulich 2018) Deși nu există nicio contradicție logică sau fizică în aceste situații (NS, Bucle cauzale), dispariția sau apariția bruscă a unei entități în spațiu-timp este o "singularitate". Este ceea ce se poate întâmpla în situația unei căi incomplete și inextensibile de o lungime finită și un interval de existență finit. Peter Bokulich și Erik Curiel propun ca, pentru a obține rezultate concludente, va trebui să limităm clasa de spațiu-timpuri în discuție, la spațiu-timpul care este *maxim extins* (sau doar *maxim*).

În privința tipului de incompletă a căii relevantă pentru singularități, există o mulțime de controverse. Geroch (Geroch 1968) demonstrează că un spațiu-timp poate fi complet geodezic și să posede totuși o cale incompletă temporală a unei accelerații totale limitate - adică o cale inextensibilă în spațiu-timp, traversabilă, de-a lungul căreia un observator ar putea experimenta doar o cantitate finită de timp propriu. Exploatând această idee, Earman (Earman 1995, 36) o combină cu noțiunea de "lungime afină generalizată" pentru a da o *definiție semioficială* a singularităților: "Un spațiu-timp maximal este singular dacă și numai dacă conține o cale inextensibilă de lungime afină generalizată finită."

Multe discuții despre structura singulară a spațiu-timpurilor relativiste pornesc de la ideea că o singularitate reprezintă un punct sau un set de puncte care într-un anumit sens sau altul "lipsesc" din spațiu-timp, acel spațiu-timp are o "gaură" în el. Astfel, Peter Bokulich și Erik Curiel sugerează să definim un spațiu-timp cu puncte care lipsesc din el dacă și numai dacă acesta conține căi incomplete și inextensibile, și apoi să încercăm să folosim aceste căi incomplete pentru a construi puncte situate în mod corespunzător în

spațiu-timp, făcând astfel căile extensibile. Aceste puncte ar fi atunci singularitățile noastre.

Mulți fizicieni și filosofi consideră că THR are nevoie de o astfel de construcție, și în prezent se caută o construcție pentru a conferi un statut ontologic clar singularităților ca entități.

Ontologia găurilor negre

Gustavo E. Romero consideră spațiu-timpul ca emergența compoziției ontologice a tuturor evenimentelor, putând fi reprezentat de un concept. Sursa câmpului gravitațional din ecuațiile RG, câmpul tensorului T_{ab} , reprezintă proprietățile fizice ale lucrurilor materiale, energia și impulsul tuturor sistemelor non-gravitaționale. În cazul unei mase punctuale M și presupunând simetria sferică, soluția ecuației reprezintă o gaură neagră Schwarzschild. O gaură neagră este concepută ca o zonă spațio-temporală cauzal deconectat de restul spațiu-timpului; ceea ce caracterizează gaura neagră este măsura sa și, prin urmare, curbura ei. Niciun eveniment din această regiune nu poate influența evenimentele din afara regiunii. Evenimentele din gaura neagră sunt, totuși, cauzal determinate de evenimentele trecute, deci o gaură neagră nu reprezintă o abatere de la cauzalitățile clasice.

Determinismul este o presupunere ontologică că toate evenimentele sunt date. Determinismul nu necesită cauzalitate și nu implică predictibilitate. Starea actuală a Universului este efectul trecutului său și cauza viitorului său. Romero consideră că RG presupune existența tuturor evenimentelor reprezentate de o varietate, deci este o teorie deterministă din punct de vedere ontologic, dar totuși epistemologic nedeterminată. Existența unor singularități în spațiu-timp nu implică un eșec al determinismului

ontologic, doar un eșec în previzibilitate, dar ele nu sunt elementele spațiu-timpului în sine.

Prezentismul susține că viitorul și trecutul există doar ca schimbări care au avut loc sau vor avea loc în prezent și nu au o existență reală a lor. Eeternalismul presupune că trecutul și viitorul există într-un sens real, nu numai ca schimbări care au avut loc sau vor avea loc față de prezent. Prezentismul este incompatibil cu existența singularităților. (Romero 2014) În acest sens, Romero argumentează că găurile negre pot fi folosite pentru a arăta că presentismul oferă o imagine defectuoasă a substratului ontologic al lumii.

Argumentul găurii

Argumentul găurii ¹ a apărut pentru prima oară în lucrarea lui Einstein despre relativitatea generală în 1913. Argumentul găurii exploatează o proprietate a relativității generale, covarianța ei generală. Substantiviștii consideră că varietatea evenimentelor are o existență independentă de câmpurile definite pe ele; evenimentele își au identități indiferent de proprietățile metrice, deci diferența dintre spațiu-timpuri este o diferență fizică reală, deși nimic observabil nu distinge cele două spațiu-timpuri. Mai mult, toate diferențele apar doar în interior. Acesta este considerată de John D. Norton (Norton 2012) un eșec grav al determinismului; gaura poate fi specificată a fi cât de mică, și nicio specificație a spațiu-timpului în afara găurii nu poate fixa proprietățile în interior. Ar rezulta că diferențele dintre cele două spațiu-timpuri sunt doar diferențe în descrierea

¹ Într-o ecuație obișnuită a câmpului, cunoașterea sursei câmpului și a condițiilor limită determină câmpul peste tot. Ele nu determină însă potențialul vectorial. Einstein a constatat că dacă ecuațiile gravitației sunt general covariante, atunci metrica nu poate fi determinată în mod unic de către sursele sale ca o funcție a coordonatelor spațiu-timpului. Unii filozofi ai fizicii fac apel la argument pentru a ridica o problemă a substanțialismului varietăților, conform căreia manifestarea evenimentelor din spațiu este o "substanță" care există independent de câmpul metric definit pe el sau de materia din el. Alții consideră argumentul drept o confuzie în ceea ce privește ecartamentul.

matematică, ambele descriind aceeași realitate fizică. Norton deduce că un substantivalism al varietății este de neconceput.

Nu există singularități

Singularitățile sunt de obicei considerată a fi un defect profund al RG. Singularitățile pot duce la eșecuri ale determinismului, deoarece legile "se descompun" într-un anumit sens. Christopher Smeenk și George Ellis (Smeenk and Ellis 2017) afirmă că această preocupare se aplică numai anumitor tipuri de singularități. Spațiu-timpurile relativiste care sunt hiperbolice la nivel global au suprafețe Cauchy, iar datele inițiale corespunzătoare pe aceste suprafețe fixează o soluție unică în spațiu-timp. Amenințarea la adresa determinismului este mai calificată: legile nu se aplică "singularității însăși", chiar dacă evoluția ulterioară este complet deterministă și există câteva tipuri de singularități care amenință mai grav determinismul. Prezența singularităților stabilește că RG este incompletă. Prezența unei singularități într-un model cosmologic indică faptul că "spațiu-timp, așa cum este descris de RG, se termină: nu există nici o modalitate de a extinde timpul spațial prin singularitate, fără a încălca condițiile matematice necesare asigurării că ecuațiile câmpului sunt bine definite. Orice descriere a condițiilor fizice "înainte de Big Bang" trebuie să se bazeze pe o teorie care înlocuiește GR și permite o extindere prin singularitate."

Gustavo E. Romero susține că nu există singularități fizice în spațiu-timp. Modelele singulare cu spațiu-timp nu aparțin ontologiei lumii, pentru că soluții defective ale ecuațiilor câmpului lui Einstein. Complexitatea ecuațiilor neliniare ale câmpului, și interpretarea câmpului tensorial metric, au dus la preocupări cu privire la ipotezele ontologice ale teoriei. Conceptul de spațiu-timp a fost introdus de Minkowski (1908), și

aparține mai mult ontologiei decât fizicii. O construcție formală a spațiu-timpului poate fi obținută pornind de la o bază ontologică a fiecărui lucru (Bergliaffa, Romero, and Vucetich 1997) sau evenimente. (Romero 2013). Romero pornește de la ipoteza ontologică de bază că spațiu-timpul este compoziția ontologică a tuturor evenimentelor, deci o entitate emergentă reprezentabilă de un concept.

Bibliografie

- Bergliaffa, Santiago E. Perez, Gustavo E. Romero, and Hector Vucetich. 1997. "Steps towards an Axiomatic Pregeometry of Space-Time." *ArXiv:Gr-Qc/9710064*. <http://arxiv.org/abs/gr-qc/9710064>.
- Curiel, Erik, and Peter Bokulich. 2018. "Singularities and Black Holes." In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, edited by Edward N. Zalta, Summer 2018. Metaphysics Research Lab, Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/sum2018/entries/spacetime-singularities/>.
- Earman, J. 1995. "Bangs, Crunches, Whimpers, and Shrieks." ResearchGate. 1995. https://www.researchgate.net/publication/272771355_Bangs_Crunches_Whimpers_and_Shrieks.
- Geroch, R. 1968. "Local Characterization of Singularities in General Relativity." *Journal of Mathematical Physics* 9: 450–65. <https://doi.org/10.1063/1.1664599>.
- Norton, John D. 2012. "What Can We Learn About the Ontology of Space and Time From the Theory of Relativity?"
- Romero, Gustavo E. 2013. "From Change to Spacetime: An Eleatic Journey." *Foundations of Science* 18 (1): 139–48. <https://doi.org/10.1007/s10699-012-9297-4>.
- . 2014. "Philosophical Issues of Black Holes." *ArXiv:1409.3318 [Astro-Ph, Physics:Gr-Qc, Physics:Physics]*. <http://arxiv.org/abs/1409.3318>.
- Smeenk, Christopher, and George Ellis. 2017. "Philosophy of Cosmology." In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, edited by Edward N. Zalta, Winter 2017. Metaphysics Research Lab, Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/cosmology/>.